Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 85-103
Original Research; DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.87704

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره) ۱۲ شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوّم ۱۴۰۰
صفحهٔ ۱۰۳-۸۵، نوع مقاله: پژوهشی

ارزیابی تنوع اگرومورفولوژیکی ژرم‌پلاسم لوبیا چشم‌بلبلی مناطق گرم و خشک ایران

بهنام بخشی[1*]، معصومه پوراسماعیل[2] و محمد کشت‌گر خواجه‌داد[1]

۱- بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران (به‌ترتیب، b.bakhshi@areeo.ac.ir و m.kh1392@yahoo.com)

۲- مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران؛
masoumehpouresmael@yahoo.com

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۲۱، بازنگری: ۱۳۹۹/۰۶/۲۹، پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۲۹؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
بخشی، ب.، پوراسماعیل، م.، و کشت‌گر خواجه‌داد، م. ۱۴۰۰. ارزیابی تنوع اگرومورفولوژیکی ژرم‌پلاسم لوبیا چشم‌بلبلی مناطق گرم و خشک ایران. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۲(۲): ۱۰۳-۸۵.

چکیده

لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata*) از محصولات زراعی فراموش‌شده با تنوع وسیع در توده‌های بومی و سازگار با شرایط مختلف اقلیمی کشور از جمله اقلیم گرم و خشک است. در این تحقیق، تعداد ۵۰ توده لوبیا چشم‌بلبلی محلی با خاستگاه اقلیم گرم و خشک به همراه توده لوبیا چشم‌بلبلی ماک (محلی زابل) از نظر تنوع اگرومورفولوژیکی برای ۳۹ صفت کمی و کیفی مورد ارزیابی و تجزیه چندمتغیره قرار گرفتند. نتایج توده‌های مورد بررسی را به دو تیپ علوفه‌ای و دانه‌ای طبقه‌بندی نمود. توده‌های TN7222 (محلی سرمشک جیرفت) و لوبیا چشم‌بلبلی ماک (محلی زابل) بیشترین عملکرد دانه و توده‌های TN7241 (دیگر توده محلی زابل) و TN7274 (محلی کهنوج) بیشترین عملکرد علوفه را داشتند. همچنین دو توده دیگر محلی کهنوج شامل TN7292 و TN7291 زودرس‌ترین توده‌ها در بین توده‌های مورد بررسی بودند. بررسی ضرایب همبستگی نشان داد طول غلاف همبستگی مثبتی را با وزن خشک، تعداد دانه در غلاف و وزن۱۰۰دانه دارد. همچنین با استفاده از تجزیه مسیر مشخص شد که طول غلاف بیشترین تأثیر را به صورت مستقیم بر افزایش عملکرد دانه دارد. بررسی تجزیه به عامل‌ها، دو مؤلفه اصلی صفات فنولوژیکی و صفات کمی مرتبط با عملکرد را تفکیک کرد. با استفاده از همبستگی کانونیک مشخص شد که صفت تعداد روز تا گلدهی دارای همبستگی منفی با عملکرد است و بوته‌های کوتاه‌تر، دیررس‌تر بوده و اجزای عملکرد از جمله وزن۱۰۰دانه و طول غلاف در آن‌ها بیشتر است. در این تحقیق، برخی از توده‌های با خصوصیات مناسب شناسایی شدند که قابلیت استفاده دربرنامه‌های بەنژادی لوبیا چشم‌بلبلی را دارند.

واژه‌های کلیدی: بانک ژن؛ تجزیه چندمتغیره؛ تنوع ژنتیکی؛ توده‌های محلی؛ *Vigna unguiculata*

مقدمه

لوبیا چشم‌بلبلی[2] (2n= 2x= 22) با نام علمی *Vigna unguiculata*، یک لگوم دانه‌ای دولپه‌ای متعلق به جنس *Vigna* است (Padulosi & Ng, 1997). لوبیا چشم‌بلبلی یکی از مهم‌ترین محصولات غذایی و لگوم علوفه‌ای و دانه‌ای در مناطق گرمسیری نیمه خشک است (Timko & Singh, 2008). لوبیا چشم‌بلبلی به خوبی با شرایط اقلیمی مناطق گرم و خشک سازگاری پیدا کرده است و قادر است شرایط گرما و خشکی را تحمل کند (Hall & Patel, 1985). دانه‌های لوبیا چشم‌بلبلی غنی از مواد مغذی هستند (Ehlers & Hall, 1997) و از آن به عنوان گوشت مردمان فقیر به خصوص در کشورهای درحال‌توسعه و با کشاورزی کم‌نهاده، یاد می‌شود (Ba *et al.*, 2004). این محصول از خانواده بقولات[3] و یکی از قدیمی‌ترین منابع غذایی مهم به حساب می‌آید (Bozokalfa *et al.*, 2017).

به دلیل تنوع ژنتیکی لوبیا چشم‌بلبلی در بسیاری از کشورها، ارقام تجاری، کمتر توسعه یافته‌اند (Peksen & Artik, 2004). کشت این محصول توسط کشاورزان اغلب با

* **نویسنده مسئول:** b.bakhshi@areeo.ac.ir

۲. Cowpea (*Vigna unguiculate* L.)

۳. Fabaceae

استفاده از توده‌های بومی و تبادل آن‌ها با یکدیگر صورت می پذیرد و در حال حاضر تعداد زیادی از این توده‌های بومی به صورت تجاری در مناطق مختلف در اغلب کشورها توسط کشاورزان مورد استفاده قرار می‌گیرد. کشاورزان نقش مهمی را در حفظ کیفیت این توده‌های بومی با کشت سالیانه آن‌ها و نگهداری بذور برای کشت در سال‌های بعد و تبادل بین همدیگر ایفا نموده‌اند. متأسفانه در این بین برنامه‌های اصلاحی مرسوم همراه با روش‌های نوین در کشاورزی به صورت تدریجی منجر به کاهش تنوع ژنتیکی در بسیاری از گونه‌های گیاهی مورد استفاده برای کشت شده است (Wilkes, 1983).

ساختار ژنتیکی جمعیت و به ویژه محیط بر روی خصوصیات مورفولوژیکی و زراعی این محصول تأثیرگذار است و منجر به درجه زیادی از تنوع در میان جمعیت‌های سازگار محلی شده است (Bozokalfa *et al.*, 2017). مطالعات زیادی به منظور بررسی تنوع ژنتیکی و همچنین بررسی ارتباط میان جمعیت‌های لوبیای چشم‌بلبلی بومی با استفاده از خصوصیات مورفولوژیکی و نشانگرهای مولکولی انجام شده است (Ali *et al.*, 2015; Asare *et al.*, 2010; Ba *et al.*, 2004; Coulibaly *et al.*, 2002; Egbadzor *et al.*, 2014). بررسی تنوع ژنتیکی لوبیا چشم‌بلبلی با هدف شناسایی ارتباط بین مناطق و کشورهای مختلف و جمعیت‌های مختلف در قالب سه گروه اصلی طبقه‌بندی شده و نمونه‌های ایران از نظر ژنتیکی در کنار نمونه‌های کشورهای افغانستان، پاکستان، ترکیه، چین و نیز کشورهای آفریقایی نیجریه و کامرون قرار گرفتند (Xiong *et al.*, 2016). بنابراین احتمال آن وجود دارد که منشأ اصلی نمونه‌های لوبیا چشم‌بلبلی ایران از مرکز آفریقا باشد. در مطالعه شناسایی ژنوتیپ‌های با صفات ویژه برای برنامه‌های اصلاحی، تعداد ۱۸۸ ژنوتیپ لوبیا چشم‌بلبلی از کشور غنا بر اساس ۱۶ خصوصیت مورفولوژیکی بررسی شدند و تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه‌ای برای صفات مورد ارزیابی مشاهده شد؛ ضمن این که تعدادی ژنوتیپ مطلوب برای برنامه‌های اصلاحی شناخته شدند (Egbadzor *et al.*, 2014). در مطالعه ۳۶ صفت مورفولوژیکی از ۳۲ ژنوتیپ جمع‌آوری‌شده از مزارع کشاورزان در ترکیه، تنوع ژنتیکی زیادی از نظر خصوصیات مورفولوژیکی مشاهده شد. همچنین در این مطالعه مشخص شد که صفات وزن دانه، طول و عرض دانه، رنگ چشم، رنگدانه‌های غلاف نارس و رنگ برگ و غلاف از ویژگی‌های اصلی در تشخیص و تمایز ژنوتیپ‌های لوبیا چشم‌بلبلی می‌باشند (Bozokalfa *et al.*, 2017). در مطالعه ارزیابی تنوع ژنتیکی ۱۵ ژنوتیپ لوبیا چشم‌بلبلی غرب آفریقا معلوم شد که تمام ژنوتیپ‌ها به استثنای توده‌های محلی مورد کشت توسط کشاورزان، از نظر مورفولوژیکی یکسان بودند. در این مطالعه عملکرد برگ‌های تازه بین ۳۴/۶ تا ۵۲/۸ گرم در هر گیاه، روز تا ۵۰ درصد گلدهی بین ۶۴ تا ۸۲ روز، وزن۱۰۰دانه بین ۷/۶۷ تا ۱۵/۱۲ گرم، تعداد غلاف در بوته بین ۴/۸ تا ۱۵/۶بود. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که بین وزن برگ‌های تازه و سایر صفات مورفولوژیکی همبستگی وجود ندارد؛ در حالی که بین تعداد غلاف در بوته و وزن۱۰۰دانه همبستگی منفی مشاهده شد (Menssen *et al.*, 2017). در مطالعه دیگری تعداد ۲۳ تودۀ بومی از یونان از نظر ۳۲ خصوصیت اگرومورفولوژیکی مورد ارزیابی قرار گرفتند و تنوع فنوتیپی زیادی بین صفات مورد ارزیابی وجود داشت که استفاده از آن‌ها برای برنامه‌های اصلاحی توصیه شد (Lazaridi *et al.*, 2017). در بانک ژن ملی کشور آفریقایی موزامبیک تعداد ۱۴۴ توده لوبیا چشم‌بلبلی از ۳۱ ناحیه این کشور جمع‌آوری و مورد بررسی قرار گرفت. نتایج ارزیابی به تنش خشکی در بین ژرم پلاسم جمع‌آوری‌شده نشان داد که توده‌ها تنوع زیادی را در تحمل به تنش خشکی و سایر ویژگی‌ها داشتند و بر این اساس، استفاده از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی لوبیا چشم‌بلبلی توصیه گردید. علاوه بر این مشخص شد که از وزن خشک برگ می‌توان به عنوان یک نشانگر مفید در شناسایی توده‌های بومی متحمل به تنش خشکی استفاده نمود (Martins *et al.*, 2014). در ارزیابی تحمل به تنش خشکی در ۳۱ ژنوتیپ از کلکسیون بانک ژن گیاهی گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، در بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌دار در شرایط نرمال و تنش مشاهده شد و از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی تعداد سه ژنوتیپ متحمل شناسایی شد (Hoseyniyan & Hoseiyni, 2014, 2015). در بررسی دیگری بر روی ۳۰ ژنوتیپ لوبیا چشم‌بلبلی از کلکسیون بانک ژن گیاهی گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران تعداد چهار ژنوتیپ متحمل به خشکی شناسایی شدند (Mafakheri *et al.*, 2015).

لوبیا چشم‌بلبلی از محصولات زراعی است که در حال حاضر تعداد زیادی نمونه از آن در بانک‌های ژن سراسر دنیا نگهداری می‌شود (Fatokun, 2002). وجود تعداد زیاد نمونه از لوبیاچشم‌بلبلی در بانک‌های ژن احتمالاً به دلیل حضور تنوع مورفولوژیکی زیاد در درون این گونه و از طرف دیگر اهمیت این محصول است. این تنوع تا حدی است که گاهاً در ژنوتیپ های نزدیک به هم ممکن است تفاوت‌های آشکاری ملاحظه شود (Omoigui *et al.*, 2006). با وجود این که استفاده از نشانگرهای مولکولی در شناسایی تنوع موجود در نمونه‌های

لوبیـا چشـم‌بلبلـی مـؤثر بـوده‌انـد (Tan *et al.*, 2012; Tanhuanpää & Manninen, 2012) اما صفات اگرونومیکی و مورفولوژیکی و به‌ویژه ارزیابی آن‌ها هنوز برای بـه‌نژادگـران از اهمیـت زیـادی برخـوردار اسـت (Krichen *et al.*, 2012). ارزیابی ویژگی‌های مورفولوژیکی توسط به‌نژادگران امری مرسوم به منظور توصیف و طبقه‌بندی ژرم‌پلاسم‌ها به منظـور انتخـاب ژنوتیپ‌های برتر برای کشت توسط کشـاورزان و یـا اسـتفاده از آن‌ها در برنامه‌های به‌نژادی است (Krichen *et al.*, 2012). از طرفی بروز صفات مختلف در محیط‌های مختلف متفاوت اسـت و این باعث می‌شود تا اهمیت ارزیابی‌های مورفولوژیکی برای به نژادگران بیشتر شود (Egbadzor *et al.*, 2014).

اهداف برنامـه‌هـای اصـلاحی لوبیـا چشـم‌بلبلـی، افـزایش عملکرد، زودرسی در تولید دانه، داشتن مواد مغذی مناسـب در برگ و دانه، کیفیت پخت مناسب و نرخ جوانه‌زنی بیشتر اسـت. بـرای تهیـه بـذور بـا کیفیـت و بـا ویژگـی‌هـای مناسـب بـرای کشاورزان، اطلاعات تنوع ژنتیکـی موجـود در ژرم‌پلاسـم گیـاه مورد بررسی، اساس هر برنامـه اصـلاحی اسـت (Menssen *et al.*, 2017). هـدف از ایـن مطالعـه ارزیـابی برخـی صـفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی تعداد ۵۱ تـوده لوبیـا چشـم‌بلبلـی ایران با خاستگاه اقلیم گرم و خشـک بـود، تـا ضـمن بررسـی و شناسایی تنوع موجود در توده‌هـای ایـن اقلـیم، تـوده‌هـایی بـا ویژگی‌های شاخص برای برنامه‌های به‌نژادی شناسایی شوند.

مواد و روش‌ها

توده‌های ژنتیکی

در این مطالعه تعداد ۵۰ توده بـومی بـا خاسـتگاه منـاطق گرم و خشک کشور از بانک ژن گیاهی ملی ایران دریافت شـد (جدول ۱). همچنین یک توده لوبیا چشـم‌بلبلـی بـه نـام مـاک (محلی زابل) از یکی از کشاورزان منطقه سیستان دریافـت و در مجموع تعداد ۵۱ توده به منظـور ارزیـابی و احیـاء در ایسـتگاه تحقیقات کشـاورزی زهـک واقـع در منطقـه سیسـتان (عـرض جغرافیایی ۳۱ درجه شمالی، طول جغرافیایی ۶۱ درجه شـرقی و ارتفاع ۴۸۹ متر ازسطح دریا) کشت شدند.

جدول ۱- کدهای ژنتیکی و محل جمع‌آوری توده‌های لوبیا چشم‌بلبلی مورد بررسی در این تحقیق

Table 1. Accession codes and collected sites of cowpea accessions evaluated in the current study

ردیف ۱ Row 1	ردیف ۲ Row 2	ردیف ۳ Row 3	ردیف ۴ Row 4	ردیف ۵ Row 5	ردیف ۶ Row 6
TN7013[a]	TN7239[d]	TN7273[e]	TN7282[e]	TN7291[e]	TN7300[c]
TN7015[b]	TN7240[d]	TN7274[e]	TN7283[e]	TN7292[e]	TN7301[c]
TN7068[c]	TN7241[d]	TN7275[e]	TN7284[e]	TN7293[e]	TN7302[c]
TN7071[c]	TN7242[d]	TN7276[e]	TN7285[e]	TN7294[e]	TN7303[c]
TN7074[c]	TN7243[d]	TN7277[e]	TN7286	TN7295[e]	TN7305[f]
TN7089[c]	TN7268[e]	TN7278[e]	TN7287	TN7296[e]	Mak[d]
TN7209[c]	TN7269[e]	TN7279[e]	TN7288	TN7297[c]	
TN7222[c]	TN7270[e]	TN7280[e]	TN7289[e]	TN7298[c]	
TN7238[d]	TN7272[e]	TN7281[e]	TN7290[e]	TN7299[c]	

محل‌های جمع‌آوری: a: محلات، b: طبس، c: جیرفت، d: زابل، e: کهنوج، f: کرمان

Collected Sites: a:Mahallat, b:Tabas, c:Jiroft, d: Zabol, e:Kahnouj, f:Kerman

این بررسی به مدت یک سال زراعی انجام شد. تـوده‌هـای بانـک ژن در اواخـر فـروردین مـاه سـال ۱۳۹۸ کشـت شـدند. عملیات آماده‌سازی و تهیه بسـتر شـامل شـخم و دیسـک بـود. کوددهی با مشورت کارشناسان آب و خاک صورت پذیرفت، بـه طـوری کـه قبـل از کشـت از کودهـای سـوپر فسـفات تریپـل، سولفات پتاسـیم و اوره، بـه میـزان ۵۰، ۵۰ و ۲۵ کیلـوگرم در هکتار استفاده شد. بعد از کشت نیز در دو مرحله ظهـور گـل و ۵۰ درصد غلاف‌دهی از کود NPK بـه میـزان ۳۳ کیلـوگرم در هکتار به همراه آبیاری استفاده شد. کشت بـه صـورت جـوی و پشته و آزمایش به صورت مشاهده‌ای و بدون تکرار انجـام شـد. هر توده در یک خط پنج‌متری کشت شد. فاصله بین ردیـف‌هـا ۱۰۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی‌متـر و با تراکم نهایی ۲۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. آبیاری بر اساس نیاز گیـاه و روش مرسـوم آبیـاری لوبیـا چشـم‌بلبلـی در منطقه و تقریباً هر دو هفته یکبار انجام شد. علف‌های‌هرز مزرعه شامل اویار سلام، گلرنگ وحشی، تاج خروس و سس بودند کـه میزان آن‌ها کم و به صورت دستی وجین شدند. آفات مشـاهده شده نیز شامل سوسک لوبیا و شته بودند که با سم‌پاشـی در دو مرحله با دیازینون به میزان یک در هزار کنترل انجام شد.

در این مطالعه ۳۹ صـفت شـامل شـکل برگچـه انتهـایی، سطح برگ، ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، طـول هیپوکتیـل، عادت رشدی، تعداد گره در ساقه اصلی، طول میـان‌گـره، بنیـه گیاه، تعداد گره‌های تثبیت‌کننـده نیتـروژن در ریشـه، وزن تـر بوته، وزن خشک بوته، تعداد روز از کاشت تا ظهور گـل، تعـداد

روز از کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی، تعداد روز از کاشت تا پایان گلدهی، تعداد روز از کاشت تا ظهور اولین غلاف بالغ، تعداد روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی، تعداد روز از کاشت تا برداشت، رنگ گل، جایگاه گل‌آذین، رنگ غلاف، فشردگی بذر در غلاف، ضخامت دیواره غلاف، کرکی‌بودن بوته، اتصال پوسته، طول غلاف، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰دانه، تعداد غلاف در خوشه، تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه، طول دانه، عرض بذر، انحنای غلاف، الگوی چشم، جنس پوسته، دمای کانوپی در مرحله رشد زایشی با استفاده از دستگاه حرارت‌سنج مادون‌قرمز Summit SIR100B، میزان کلروفیل برگ در مرحله رشد زایشی با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر SPAD و میزان تأثیر تنش گرما (ارزیابی با مشاهده درصد خسارت ناشی از تنش شدید گرما در منطقه سیستان) ارزیابی شدند. ارزیابی صفات با حذف نیم‌متر از حاشیه انجام شد. سطح برگ با استفاده از کاغذ شطرنجی اندازه‌گیری شد. صفات مورد مطالعه به همراه نام انگلیسی و نام مختصر در جدول ۲ آمده است. ارزیابی و یادداشت‌برداری صفات در طول اجرای آزمایش نیز بر اساس دسکریپتور IBPGR انجام شد (IBPGR, 1982).

آماره‌های توصیفی برای بررسی تنوع موجود در توده‌ها با استفاده از آماره‌های حداقل، حداکثر، میانگین، دامنه تغییرات، مد، میانگین، واریانس، انحراف معیار و ضریب تغییرات صفات محاسبه شد. برای محاسبه تنوع موجود در صفات کیفی مورد بررسی از روش شاخص تنوع شانون-ویور[1] استفاده شد (Ortiz-Burgos, 2016).

تجزیه همبستگی بین صفات مورد بررسی برای صفات کمی با استفاده از روش پیرسن (Benesty *et al.*, 2009) و برای صفات کیفی با استفاده از روش اسپیرمن (Myers & Sirois, 2004) انجام شد. همچنین همبستگی کانونیک (Thompson, 2005) بین صفات فنولوژیکی و سایر صفات مورد مطالعه نیز مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه خوشه‌ای توده‌های مورد مطالعه با استفاده از روش وارد (Blashfield, 1980) انجام شد.

از تجزیه به عامل‌ها (Thurstone, 1931) برای شناسایی ارتباط صفات مورد بررسی با مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. همچنین به منظور شناسایی اثرات تأثیرگذار بر عملکرد از تجزیه مسیر (Klem, 1995) استفاده شد. به منظور انجام تجزیه‌های آماری از نرم‌افزارهای XLSTAT (Addinsoft, 2010) و SPSS (Verma, 2012) استفاده شد.

نتایج و بحث

تنوع صفات کمی

مقادیر میانگین، میانه، حداکثر، حداقل، انحراف معیار و ضریب تنوع برای صفات کمی مورد بررسی در ۵۱ توده در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس براوردهای انجام‌شده در زمینهٔ مقادیر انحراف معیار و ضریب تنوع، معلوم شد که تنوع زیادی در بین توده‌های مورد بررسی وجود دارد. ضریب تنوع بیشتر در برخی از صفات کمی نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی زیاد آن صفت است. بیشترین ضریب تنوع برای وزن۱۰۰دانه مشاهده شد. بعد از وزن۱۰۰دانه، ۱۲ صفت دیگر به ترتیب شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد غلاف در خوشه، تعداد گره تثبیت‌کننده نیتروژن در ریشه، وزن خشک بوته، تعداد شاخه در بوته (در محدوده ضریب تنوع بین ۲۰ تا ۳۹ درصد) و طول هیپوکوتیل، تعداد گره در ساقه اصلی، طول دانه، طول میانگره، تعداد دانه در غلاف، عرض بذر و طول غلاف (در محدوده ضریب تنوع بین بین ۱۵ تا ۲۰ درصد) از بین ۲۵ صفت کمی مورد بررسی به ترتیب بیشترین ضرایب تنوع را داشتند. بنابراین بیشترین تنوع مربوط به اجزای عملکرد از جمله وزن۱۰۰دانه و تعداد غلاف در بوته بود. معمولاً در مطالعات انجام‌شده بر روی توده‌های بومی لوبیا چشم‌بلبلی در قیاس با ارقام اصلاح‌شده، این تنوع زیاد در اجزای عملکرد وجود داشته و بیشترین ضریب تنوع در توده‌های لوبیا چشم‌بلبلی متعلق به عملکرد و اجزای آن بوده است (Ajayi *et al.*, 2014; Lazaridi *et al.*, 2017; Manggoel *et al.*, 2012). به طور کلی ضریب تنوع در توده‌های بومی زیاد و غیریکنواخت و در ارقام تجاری کمتر و یکنواخت‌تر است (Gepts, 2002). از طرف دیگر کمترین میزان تنوع در این بررسی متعلق به صفات فنولوژیکی بود و به نظر می‌رسد وجود تنوع کمتر در صفات فنولوژیکی به دلیل انتخاب توده‌ها از اقلیم گرم و خشک جهت بررسی در این تحقیق بوده و از آنجا که اغلب محصولات اقلیم گرم و خشک ایران از نظر فنولوژیکی تقریباً مشابه و زودرس می‌باشند، تنوع کمتری در آن‌ها قابل رؤیت است. تنوع زیاد مشاهده‌شده در اجزای عملکرد در این پژوهش به دلیل تأثیر بیشتر آن‌ها بر افزایش عملکرد می‌تواند برای به‌نژادگران لوبیا چشم‌بلبلی بسیار مفید و کاربردی باشد. همچنین بالاترین محدوده تغییرات به ترتیب برای عملکرد دانه، سطح برگ، ارتفاع بوته، وزن۱۰۰دانه، وزن تر و صفات فنولوژیکی از جمله روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی و روز تا گلدهی بود (جدول ۳). توده TN7222 بیشترین عملکرد را در بین توده‌های مورد بررسی با مقدار ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار داشت. توده بومی زابل (ماک) نیز با عملکرد ۶۰۳ کیلوگرم در هکتار دومین رتبه

[1]. Shannon-Weaver Diversity Index

را در بین سایر توده‌های مورد مطالعه داشت. بیشترین سطح برگ در توده TN7297 با ۲۵۵ میلی‌متر و کمترین سطح برگ در توده‌های TN7276 و TN7279 با ۱۷۶ میلی‌متر مشاهده شد. توده بومی زابل (ماک) دارای سطح برگی معادل ۲۱۷میلی‌متر بود. بیشترین و کمترین ارتفاع در بین توده‌های مورد بررسی به ترتیب متعلق به توده TN7013 (۱۵۵/۶۰) و TN7209 (۸۹/۳۰) بود. توده‌های لوبیا چشم‌بلبلی محلی زابل (ماک) دارای ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متر بود.

جدول ۲ - صفات مورد مطالعه در ارزیابی توده‌های لوبیا چشم‌بلبلی

Table 2. Studied traits in the evaluation of cowpea accessions

Trait	صفت	نام مختصر **Abbreviation**
Terminal leaflet shape (^{O}C)[a]	شکل برگچه انتهایی	TLS
Leaf Area (mm) [b]	سطح برگ (میلی‌متر)	LA
Plant Height (cm) [b]	ارتفاع (سانتی‌متر)	PHT
Number of Main Branches [b]	تعداد شاخه در بوته	NMB
Hypocotyl Length (cm) [b]	طول هیپوکتیل (سانتی‌متر)	HL
Growth Habit [a]	عادت رشدی	GH
Number of Nodes on Main Stem [b]	تعداد گره در ساقه اصلی	NNMS
Internode Length (cm) [b]	طول میان گره (سانتی‌متر)	IL
Plant Vigor [a]	بنیه گیاه	PV
Number of Nitrogen Fixation Nodules in Root [b]	تعداد گره تثبیت‌کننده نیتروژن در ریشه	NFNR
Plant Wet Weight (g) [b]	وزن تر بوته (گرم)	WW
Plant Dry Weight (g) [b]	وزن خشک بوته (گرم)	DW
Days to Flower Initiation [b]	روز تا ظهور گل	DFI
Days to Flowering [b]	روز تا ۵۰ درصد گلدهی	DF
Days to Flower Termination [b]	روز تا پایان گلدهی	DFT
Days to First Mature Pods [b]	روز تا ظهور اولین غلاف بالغ	DFMP
Days to Maturity [b]	روز تا رسیدگی	DM
Days to Harvest [b]	روز تا برداشت	DH
Flower Color [a]	رنگ گل	FC
Raceme Position [a]	جایگاه گل آذین	RP
Pod Color [a]	رنگ غلاف	PCO
Seed Crowding [a]	فشردگی بذر در غلاف	SC
Pod Wall Thickness [a]	ضخامت دیواره غلاف	PWT
Plant Hairiness [a]	کرکی‌بودن بوته	PHR
Attachment of Testa [a]	اتصال پوسته	AT
Pod Length (cm) [b]	طول غلاف (سانتی‌متر)	PL
Number of Locules per Pod [b]	تعداد دانه در غلاف	NLP
100-Seed Weight [b]	وزن۱۰۰دانه	HSW
Number of Pods per Peduncle [b]	تعداد غلاف در خوشه	NPPD
Number of Pods per Plant [b]	تعداد غلاف در بوته	NPPL
Yield (g) [b]	عملکرد دانه (گرم)	Y
Seed Length (mm) [b]	طول بذر (میلی‌متر)	SL
Seed Width (mm) [b]	قطر بذر (میلی‌متر)	SW
Pod Curvature [a]	انحنای غلاف	PCU
Eye Pattern [a]	الگوی چشم	EP
Testa Texture [a]	جنس پوسته	TT
Canopy Temperature [b]	دمای کانوپی	CT
Leaf Chlorophyll Cncentration [b]	میزان کلروفیل برگ	LCC
Heat Stress Effects % [b]	تأثیر تنش گرما بر روی بوته (درصد)	PHSE

نوع صفات: a: کیفی، b: کمی

Trait Types: a: Qualitative, b: Quantitative

ارتفاع بوته برای توده‌های بانک ژن دانشگاه تهران بین ۳۷/۶۶ تا ۵۵/۶۶ گزارش شده است (Mafakheri *et al.*, 2017). بیشترین وزن ۱۰۰دانه (بیشتر از ۴۰ گرم) در توده‌های TN7284، TN7281، TN7222، TN7291، TN7292، TN7297، TN7300، TN7294 و TN7285، مشاهده شد. کمترین وزن۱۰۰دانه نیز به ترتیب متعلق به توده‌های TN7240، TN7301، TN7273 و TN7239 و بین ۱۱ تا ۱۵ گرم بود. توده بومی زابل (ماک) دارای وزن۱۰۰دانه ۱۵/۵۴گرم بود. محدوده تغییرات وزن۱۰۰دانه در این مطالعه بین ۱۱/۰۵ تا ۴۵/۰۸ گرم بود. در مطالعه انجام‌شده در ژنوتیپ‌های لوبیا چشم‌بلبلی بانک ژن دانشگاه تهران محدوده تغییرات این صفت بین ۱۱/۴۴ تا ۲۲/۴۹ گزارش شد (Mafakheri *et al.*, 2017). بیشترین وزن تر بوته نیز به ترتیب متعلق به توده‌های TN7241، TN7209، TN7274، TN7243، TN7280 و TN7068 با بیش از ۱۴۷ گرم در یک بوته بود که هیچ‌کدام عملکرد دانه‌ای نداشتند و برای مصارف علوفه‌ای مناسب بودند. توده بومی زابل (ماک) دارای وزن تر معادل ۱۲۷/۷۵ ۱۲۷/۷۵گرم بود. همچنین با بررسی نتایج اطلاعات فنولوژیک مشخص شد که توده TN7292 زودتر از سایر توده‌ها و پس از ۷۱ روز وارد مرحله ۵۰ درصد گلدهی شد. این توده از نظر زودرسی نیز دومین رتبه (۱۰۴ روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی کامل) را پس از توده TN7291 (۱۰۰ روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی) داشت. توده بومی زابل (ماک) پس از ۷۹ روز وارد مرحله ۵۰ درصد گلدهی و پس از ۱۰۸ روز وارد مرحله رسیدگی کامل شد. در این مطالعه تعداد روز تا گلدهی در محدوده بین ۷۱ تا ۹۸ روز بود؛ در حالی که در آزمایش انجام شده بر روی نمونه‌های غرب آفریقا دامنۀ این صفت بین ۶۴ تا ۸۲ روز (Menssen *et al.*, 2017) و در نمونه‌های بانک ژن دانشگاه تهران دامنۀ آن بین ۹۱ تا ۱۱۴ روز (Mafakheri *et al.*, 2017) گزارش شده است(Mafakheri *et al.*, 2017). بررسی خصوصیات غلاف‌ها نیز نشان داد که توده‌های TN7281 و TN7288 دارای طویل‌ترین غلاف، به ترتیب با ۱۵/۴۰ و ۱۳/۲۰ سانتی‌متر بودند. توده‌های TN7305 و TN7238 نیز کوتاه‌ترین غلاف‌ها را به ترتیب با اندازه ۸/۲ و ۸/۳ سانتی‌متر داشتند. قبل از این، در توده‌های بانک ژن دانشگاه تهران طول غلاف بین ۱۳/۹ تا ۱۹/۶ (Mafakheri *et al.*, 2017) و در توده‌های محلی ترکیه بین ۱۱/۹ تا ۱۷/۰ (Bozokalfa *et al.*, 2017) گزارش شده است. از نظر تعداد دانه در غلاف نیز توده‌های TN7297، TN7294، TN7288، TN7273، TN7239 و TN7222 با تعداد ۹ دانه در غلاف بیشترین تعداد دانه در غلاف را داشتند. توده محلی زابل (ماک) دارای هفت دانه در غلاف بود. از طرف دیگر توده TN7238، با تعداد پنج دانه در غلاف کمترین تعداد دانه در غلاف را داشت. قبل از این، در بررسی توده‌های لوبیا چشم‌بلبلی بانک ژن دانشگاه تهران محدوده تغییرات تعداد دانه در غلاف بین ۱۱/۷۹ تا ۱۸/۴۵ عدد (Mafakheri *et al.*, 2017) و در توده های ترکیه بین ۸ تا ۱۰/۲۳ عدد (Bozokalfa *et al.*, 2017) مشاهده شده بود. از نظر تعداد غلاف در بوته، توده‌های لوبیاچشم‌بلبلی محلی زابل (ماک)، TN7285 و TN7277 به ترتیب با تعداد ۲۷، ۲۱ و ۲۰ غلاف در بوته دارای بیشترین مقادیر این صفت بودند. تعداد غلاف در بوته در این مطالعه بین ۶ تا ۲۷/۶ عدد بود. در حالی که در مطالعه توده‌های غرب آفریقا تعداد غلاف در بوته بین ۴/۸ تا ۱۵/۶ عدد (Menssen *et al.*, 2017) و در مطالعه توده‌های بانک ژن دانشگاه تهران بین ۳۷/۶۷ تا ۵۵/۶۷ عدد بود (Mafakheri *et al.*, 2017). بررسی اندازه بذرها نشان داد که توده‌های TN7284، TN7294، TN7281، TN7292 و TN7305 دارای بیشترین طول بذر با اندازه بین ۱۱ تا ۱۱/۳۳ میلی‌متر بودند. کوچک ترین طول بذر نیز متعلق به توده TN7240 و برابر شِش میلی-متر بود. از نظر عرض دانه توده TN7298 دارای بیشترین عرض با اندازه هشت میلی‌متر و توده‌های TN7240 و TN7222 دارای کمترین عرض با اندازه چهار میلی‌متر بودند. توده بومی زابل (ماک) دارای طول دانه ۸/۳ و عرض دانۀ ۶/۶میلی‌متر بود. قبل از این، طول دانه در توده‌های بانک ژن دانشگاه تهران بین ۶/۷ تا ۹/۴ و در توده‌های ترکیه بین ۸/۰ تا ۱۰/۸ و عرض دانه در توده‌های دانشگاه تهران بین ۵/۶ تا ۷/۳ و در توده‌های دانشگاه ترکیه بین ۵/۶ تا ۶/۷ گزارش شده بود (Mafakheri *et al.*, 2017).

در بین توده‌های مورد بررسی تعداد ۲۲ توده وارد مرحله زایشی و تولید غلاف شدند و سایر توده‌ها فقط به رشد رویشی و تولید شاخ و برگ ادامه دادند و به‌نظر می‌رسد توده‌های مذکور مناسب مصارف علوفه‌ای و یا کود سبز می‌باشند. به منظور متمایزکردن تفاوت‌های بین این دو گروه مقایسه بین میانگین برخی از صفات کمی بین آن‌ها انجام شد و نتایج در جدول ۴ ارائه شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، توده‌های با خاصیت تولید علوفه دارای ارتفاع بوته، تعداد گره در ساقه اصلی، وزن تر و خشک بوته بیشتری در مقایسه با توده‌های با پتانسیل تولید دانه بودند؛ اگرچه سطح برگ و محتوای کلروفیل در توده‌های با پتانسیل تولید علوفه کمتر بود. در بین توده‌های مورد بررسی دو توده TN7241 و TN7274 پتانسیل تولید علوفه بیشتری نسبت به سایر توده‌ها داشتند.

جدول۳- آماره‌های توصیفی برای صفات کمی در توده‌های لوبیا چشم‌بلبلی مناطق گرم و خشک ایران

Table 3. Descriptive statistics for quantitative traits in cowpea accessions of arid and warm climate of Iran

صفت Trait	حداقل Minimum	حداکثر Maximum	محدوده تغییرات Variation Range	میانه Median	میانگین Mean	واریانس Variance	انحراف معیار Standard Deviation	ضریب تغییرات Coefficient of Variation
Canopy Temperature (^{O}C) دمای کانوپی (درجه سلسیوس)	21.30	26.60	5.30	23.50	23.66	1.73	1.32	5.56
Leaf Chlorophyll Concentration میزان کلروفیل برگ	33.70	46.30	12.60	38.70	39.06	9.67	3.11	7.96
Leaf Area (mm) سطح برگ (میلی‌متر)	176.00	255.00	79.00	215.00	212.53	505.57	22.48	10.58
Plant Height (cm) ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	89	156	66	111	110	92.69	9.63	8.73
Number of Main Branches تعداد شاخه‌های اصلی	3	8	5	5	6	1.32	1.15	20.33
Hypocotyl Length (mm) طول هیپوکوتیل (میلی‌متر)	1.30	2.60	1.30	1.80	1.94	0.14	0.38	19.63
Number of Nodes on Main Stem تعداد گره در ساقه اصلی	12	29	17	21	20	13	3.61	17.99
Internode Length (cm) طول میانگره (سانتی‌متر)	3.50	7.30	3.80	5.40	5.50	0.79	0.89	16.17
Number of Nitrogen Fixation Nodules in Root تعداد گره تثبیت‌کنندۀ نیتروژن در ریشه	17	42	25	27	29	41.05	6.41	22.41
Plant Wet Weight (g) وزن تر بوته (گرم)	120.29	154.27	33.98	136.56	136.69	62.89	7.93	5.80
Plant Dry Weight(g) وزن خشک بوته (گرم)	12.20	29.43	17.23	24.10	22.77	22.89	4.78	21.01
Days to Flower Initiation روز تا ظهور گل	59	77	18	65	66	27.35	5.23	7.96
Days to Flowering روز تا ۵۰ درصد گلدهی	71	98	27	78	79	40.51	6.36	8.07
Days to Flower Termination روز تا پایان گلدهی	86	113	27	104	103	49.18	7.01	6.79
Days to First Mature Pods روز تا ظهور اولین غلاف بالغ	64	91	27	73	74	47.97	6.93	9.38
Days to Maturity روز تا رسیدگی	100	128	28	112	113	39.73	6.30	5.59
Days to Harvest روز تا برداشت	108	138	30	127	126	35.33	5.94	4.70
Pod Length (cm) طول غلاف (سانتی‌متر)	8.20	15.40	7.20	11.30	11.19	3.01	1.74	15.52
Number of Locules per pod تعداد دانه در غلاف	5	9	4	8	8	1.49	1.22	16.15
100-Seed Weight (g) وزن۱۰۰دانه (گرم)	11.05	45.08	34.03	35.67	31.28	149.40	12.22	39.07
Number of Pods per Peduncle تعداد غلاف در خوشه	1	4	3	3	3	0.43	0.65	24.24
Number of Pods per Plant تعداد غلاف در بوته	6	28	22	15	14	24.02	4.90	34.16
Seed Length (mm) طول دانه (میلی‌متر)	6	11.33	5.33	9.75	9.25	2.70	1.64	17.77
Seed Width (mm) عرض دانه (میلی‌متر)	4	8	4	6	6	0.79	0.89	15.52

جدول۴- میانگین برخی از صفات کمی در مقایسه بین توده‌های با پتانسیل تولید عملکرد دانه‌ای و توده‌های با پتانسیل تولید علوفه

Table 4. Average of some quantitative traits in the comparison of accessions with grain yield production potential and accessions with forage production potential

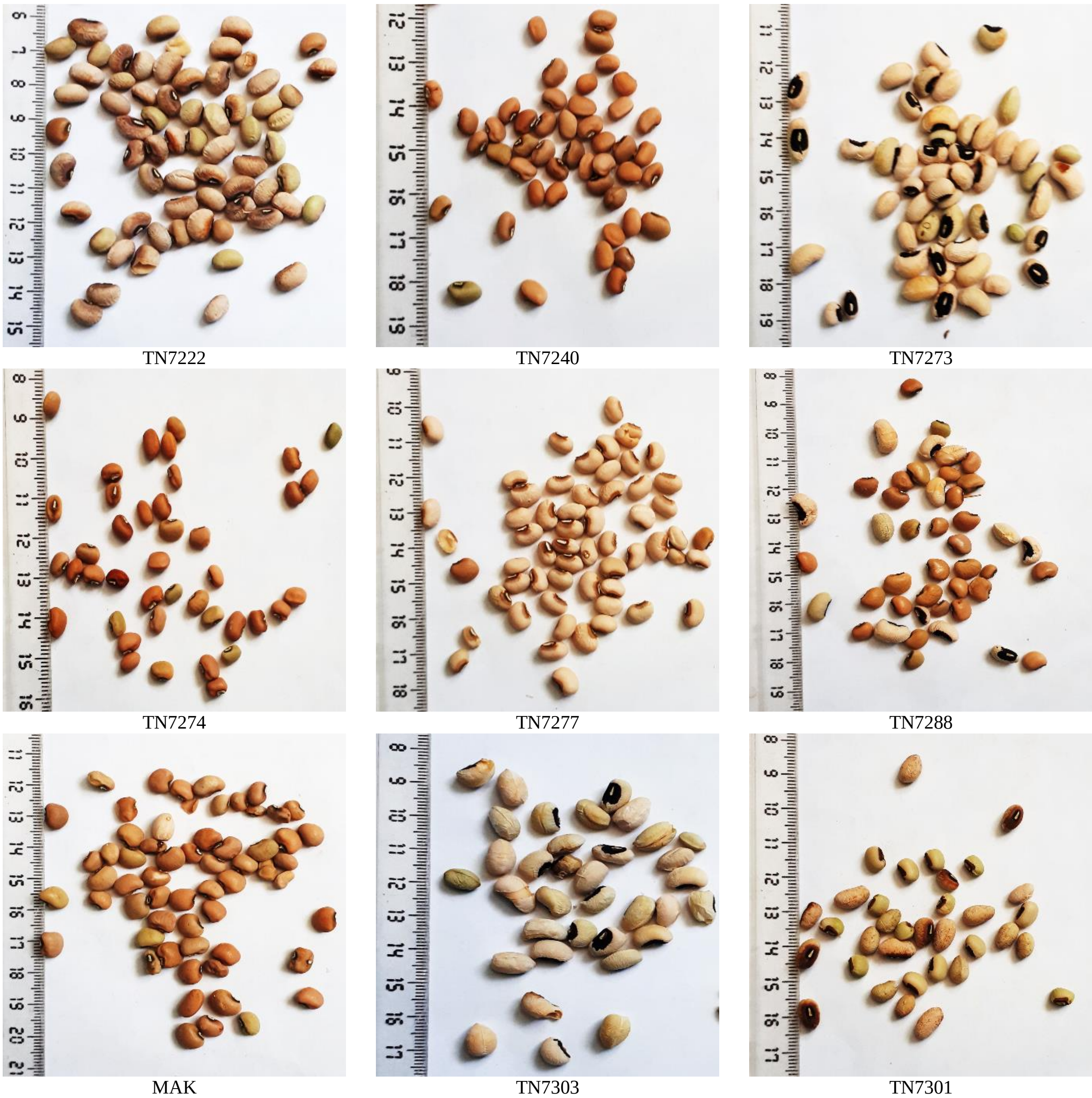
صفت **Trait**	تیپ دانه‌ای **Grain type**	تیپ علوفه‌ای **Fodder type**
Canopy Temperature (^{O}C) دمای کانوپی (درجه سلسیوس)	23.64	23.68
Leaf Chlorophyll Concentration میزان کلروفیل برگ	40.46	38.01
Leaf Area (mm) سطح برگ (میلی‌متر)	225.45	202.72
Plant Height (cm) ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	106	114
Number of Main Branches تعداد شاخه‌های اصلی	6	5
Hypocotyl length (mm) طول هیپوکوتیل (میلی‌متر)	2.04	1.86
Number of nodes on main stem تعداد گره در ساقه اصلی	18	22
Internode Length (cm) طول میانگره (سانتی‌متر)	5	6
Number of Nitrogen Fixation Nodules in Root تعداد گره تثبیت نیتروژن در ریشه	28	29
Plant Wet Weight (g) وزن تر بوته (گرم)	135.65	137.48
Plant Dry Weight(g) وزن خشک بوته (گرم)	18.85	25.75

تنوع صفات کیفی

در این مطالعه تنوع زیادی در میان توده‌های لوبیا چشم بلبلی برای برخی از صفات کیفی مشاهده شد. شاخص تنوع برای صفات کیفی بین ۰ تا ۱ و با میانگین کلی ۰/۵۷ بود. بیشترین تنوع به ترتیب برای صفات عادت رشدی (۱)، ضخامت دیواره غلاف (۰/۹۷)، انحنای غلاف (۰/۹۰)، بنیه گیاه (۰/۷۹) و الگوی چشم (۰/۷۶) وجود داشت. الگوی چشم دانه‌ها در اغلب موارد به صورت یک نوار باریک امتداد یافته به پشت هلیوم (۷۲/۷درصد) بود. جنس پوسته در اغلب موارد صاف و صیقلی (۹۵/۵ درصد) بود. غلاف‌ها بیشتر با دیواره نازک (۵۴/۵ درصد) به رنگ قهوه‌ای کم‌رنگ متمایل به زرد (۷۲/۷ درصد) با انحنای خمیده (۷۲/۷ درصد) و بدون کرک (۸۶/۴ درصد) مشاهده شدند. گل‌آذین در بیشتر موارد در سرتاسر کانوپی (۶۳/۶درصد) و با گل‌های قرمز روشن (۵۴/۵ درصد) مشاهده شد. رنگ گل بنفش و قرمز روشن صفتی غالب نسبت به رنگ سفید است (Othman *et al.*, 2006). اغلب رنگ گل‌های مشاهده‌شده در این مطالعه قرمز روشن و بنفش بودند؛ درحالی که در بررسی نمونه‌های یونان و ترکیه اغلب نمونه‌ها دارای رنگ گل سفید بودند (Bozokalfa *et al.*, 2017; Lazaridi *et al.*, 2017). بوته‌ها اغلب از نظر بنیه متوسط (۷۰/۷ درصد) و با عادت رشدی نیمه‌خوابیده (۵۲ درصد) و شکل انتهای برگ اغلب آن‌ها به صورت نیم‌گرد (۷۸ درصد) مشاهده شد (شکل ۱).

همبستگی بین صفات

نتایج نشان داد که طول هیپوکوتیل با طول میانگره ساقه اصلی همبستگی مثبت و معنی‌داری (۰/۴۹) دارد. تعداد گره در ساقه اصلی نیز با تعداد گره تثبیت‌کنندۀ نیتروژن در ریشه همبستگی منفی و معنی‌داری (۰/۵۰-) داشت. بررسی خصوصیات دانه نشان داد که طول دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با وزن۱۰۰دانه (۰/۶۶) و تعداد گره تثبیت‌کنندۀ نیتروژن در ریشه (۰/۴۲) دارد. همچنین همبستگی مثبت و غیرمعنی‌داری بین طول دانه و طول غلاف (۰/۴۱) و تعداد دانه در غلاف (۰/۲۵) وجود داشت. از طرف دیگر همبستگی منفی و معنی‌دار طول دانه با طول میانگره (۰/۵۲-) مشاهده شد. بررسی همبستگی صفات کمی غلاف‌های توده‌های لوبیا چشم بلبلی نشان داد که طول غلاف همبستگی مثبت و معنی‌داری را با وزن خشک بوته (۰/۴۶)، تعداد دانه در غلاف (۰/۶۲) و وزن۱۰۰دانه (۰/۵۴) دارد. تعداد غلاف در خوشه با تعداد غلاف در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری (۰/۴۳) نشان داد.

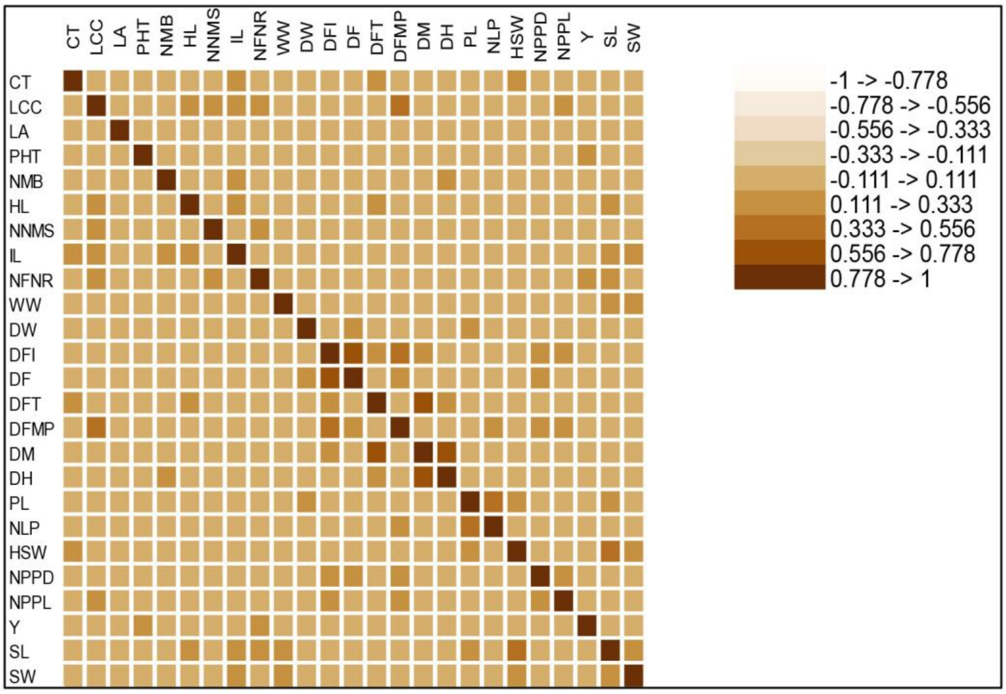


شکل ۱- تنوع ژنتیکی شکل و اندازه دانه در برخی از توده‌های لوبیا چشم‌بلبلی مناطق گرم و خشک ایران

Fig. 1. Genetic diversity of grain shape and size in some cowpea accessions of arid and warm climate

همچنین تعداد غلاف در خوشه با صفت روز تا ظهور گلدهی همبستگی مثبتی و معنی‌داری داشت (۰/۴۵). بررسی همبستگی صفات فنولوژیکی نشان داد که صفت روز تا گلدهی همبستگی مثبت و معنی‌داری را با روز تا ۵۰ درصد گلدهی (۰/۷۹)، روز تا پایان گلدهی (۰/۵۵)، روز تا ظهور اولین غلاف بالغ (۰/۶۳) و تعداد غلاف در خوشه (۰/۴۵) دارد. صفت فنولوژیک روز تا ۵۰ درصد گلدهی همبستگی مثبتی را با روز تا ظهور اولین غلاف بالغ (۰/۴۵) نشان داد. صفت روز تا پایان گلدهی نیز همبستگی مثبتی را با روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (۰/۷۷) و طول هیپوکوتیل (۰/۴۷) نشان داد. وزن۱۰۰دانه تنها همبستگی معنی‌دار خود را فقط با طول غلاف (۰/۵۴) و طول بذر (۰/۶۶) نشان داد. وزن۱۰۰دانه با برخی از اجزای عملکرد از جمله تعداد غلاف در بوته (۰/۰۱-) و تعداد دانه در غلاف (۰/۲۵) ارتباط معنی‌داری را نشان نداد. این مورد قبلاً در

بررسی لوبیا چشم‌بلبلی‌های محلی توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Menssen *et al.*, 2017). بررسی همبستگی عملکرد دانه با سایر صفات نشان داد که عملکرد دانه همبستگی مثبت اما غیرمعنی‌داری را با تعداد گره در ساقه اصلی، طول میانگره، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در خوشه، تعداد غلاف در بوته و وزن۱۰۰دانه دارد. عملکرد بیشتر توده‌های با دانه‌های کوچک‌تر دلیل عدم همبستگی مثبت بین وزن۱۰۰دانه و عملکرد می‌تواند باشد. این مورد در توده‌های TN7222 (محلی سرمشک جیرفت) و لوبیا چشم‌بلبلی ماک (محلی زابل) نیز مشاهده شد. عدم همبستگی و حتی همبستگی منفی بین عملکرد و وزن۱۰۰دانه در لوبیا چشم‌بلبلی توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Aryeetey & Laing, 1973; Manggoel *et al.*, 2012). از طرف دیگر همبستگی منفی و معنی‌دار با تعداد گره تثبیت‌کنندۀ نیتروژن در ریشه و همبستگی منفی و غیرمعنی داری را با ارتفاع بوته، وزن تر بوته و روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی دارد. بنابراین بر اساس نتایج همبستگی معلوم شد که توده‌های با ارتفاع و وزن تر بوته بیشتر برای تولید دانه مناسب نبوده و برای مصارف علوفه‌ای مناسب‌تر می‌باشند. بررسی همبستگی صفات کیفی نیز نشان داد که شکل انتهای برگ با رنگ غلاف دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری است (۰/۶۱). همچنین عادت رشدی با ضخامت دیواره غلاف همبستگی منفی و معنی‌داری داشت (۰/۵۳-) (شکل ۲).



شکل۲ - همبستگی بین صفات کمی در توده‌های لوبیا چشم‌بلبلی اقلیم گرم و خشک ایران

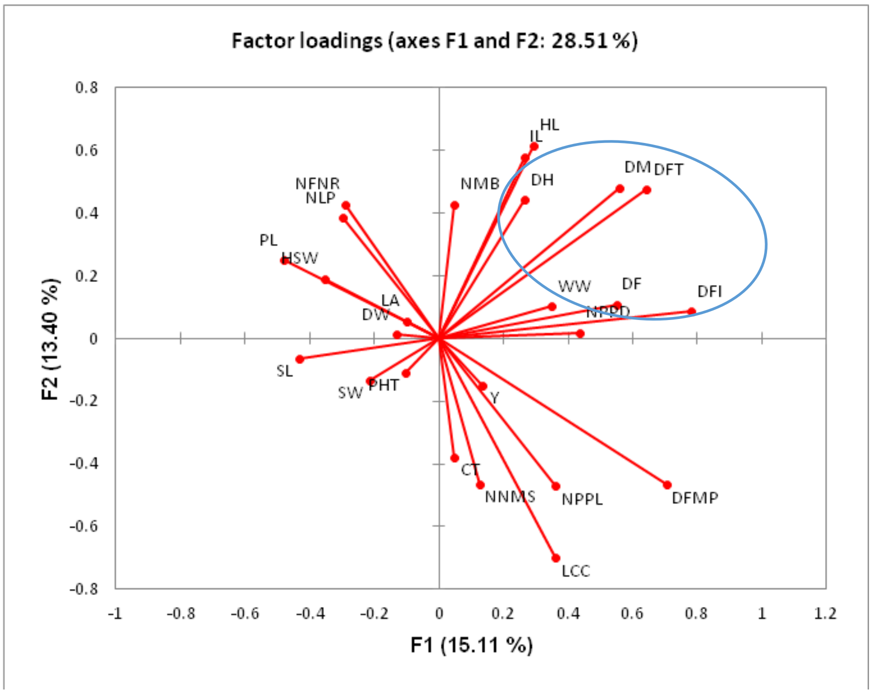
CT: دمای کانوپی، LCC: میزال کلوفیل برگ، LA: سطح برگ، PHT: ارتفاع بوته، NMB: تعداد شاخه اصلی، HL: طول هیپوکوتیل، NNMS: تعداد گره در ساقه اصلی، IL: طول میانگره، NFNR: تعداد گره تثبیت‌کنندۀ نیتروژن در ریشه، WW: وزن تر بوته، DW: وزن خشک بوته ، DFI: روز تا ظهور گلدهی، DF: روز تا ۵۰ درصد گلدهی، DFT: روز تا پایان گلدهی، DFMP: روز تا ظهور اولین غلاف بالغ، DM: روز تا رسیدگی، DH: روز تا برداشت، PL: طول غلاف، NLP: تعداد دانه در غلاف، HSW: وزن۱۰۰دانه، NPPD: تعداد غلاف در خوشه، NPPL: غلاف در بوته، Y: عملکرد دانه، SL: طول دانه وSW: عرض دانه

Fig. 2. Correlation of quantitative traits among cowpea accessions of arid and warm climate of Iran

CT: Canopy Temperature, LCC: Leaf Chlorophyll Concentration, LA: Leaf Area, PHT: Plant Height, NMB: Number of Main Branches, HL: Hypocotyl Length, NNMS: Number of Nodes on Main Stem, IL: Internode Length, NFNR: Number of Nitrogen Fixation Nodules in Root, WW: Plant Wet Weight, DW: Plant Dry Weight, DFI: Days to Flower Initiation, DF: Days to Flowering, DFT: Days to Flower Termination, DFMP: Days to First Mature Pods, DM: Days to Maturity, DH: Days to Harvest, PL: Pod Length, NLP: Number of Locules per Pod, HSW: 100-Seed Weight, NPPD: Number of Pods per Peduncle, NPPL: Number of Pods per Plant, Y: Grain Yield, SL: Seed Length, SW: Seed Width

تجزیه به عامل‌ها

بررسی تجزیه به عامل‌ها و با استفاده از نمودار اسکری پلات نشان داد که سه عامل اول، بیشترین میزان واریانس را با مجموع ۴۱ درصد از بین ۱۰ عامل به خود اختصاص دادند (شکل ۳). بنابراین به جای بررسی تمام عامل‌ها، فقط سه عامل اول بررسی شدند. همچنین بررسی ماتریس مؤلفه‌ها نشان دادکه مؤلفه اول مرتبط با صفات فنولوژیک و مؤلفه‌های دوم و سوم مرتبط با صفات اجزای عملکرد است. نمودار دوبعدی دو مؤلفه اول نیز صفات فنولوژیک را از اجزای عملکرد تفکیک نمود (شکل ۷). در مطالعات دیگری که قبل از این به منظور بررسی تنوع ژنتیکی لوبیا چشم‌بلبلی انجام شده است، معلوم شد که سه عامل اول در مجموع حدود ۴۰ درصد کل تنوع را به خود اختصاص دادند (Aremu *et al.*, 2007; Lazaridi *et al.*, 2017; Olukolu *et al.*, 2012).



شکل ۳- نمودار دوبعدی دو مؤلفه اول برای توده‌های لوبیا چشم‌بلبلی اقلیم گرم و خشک ایران

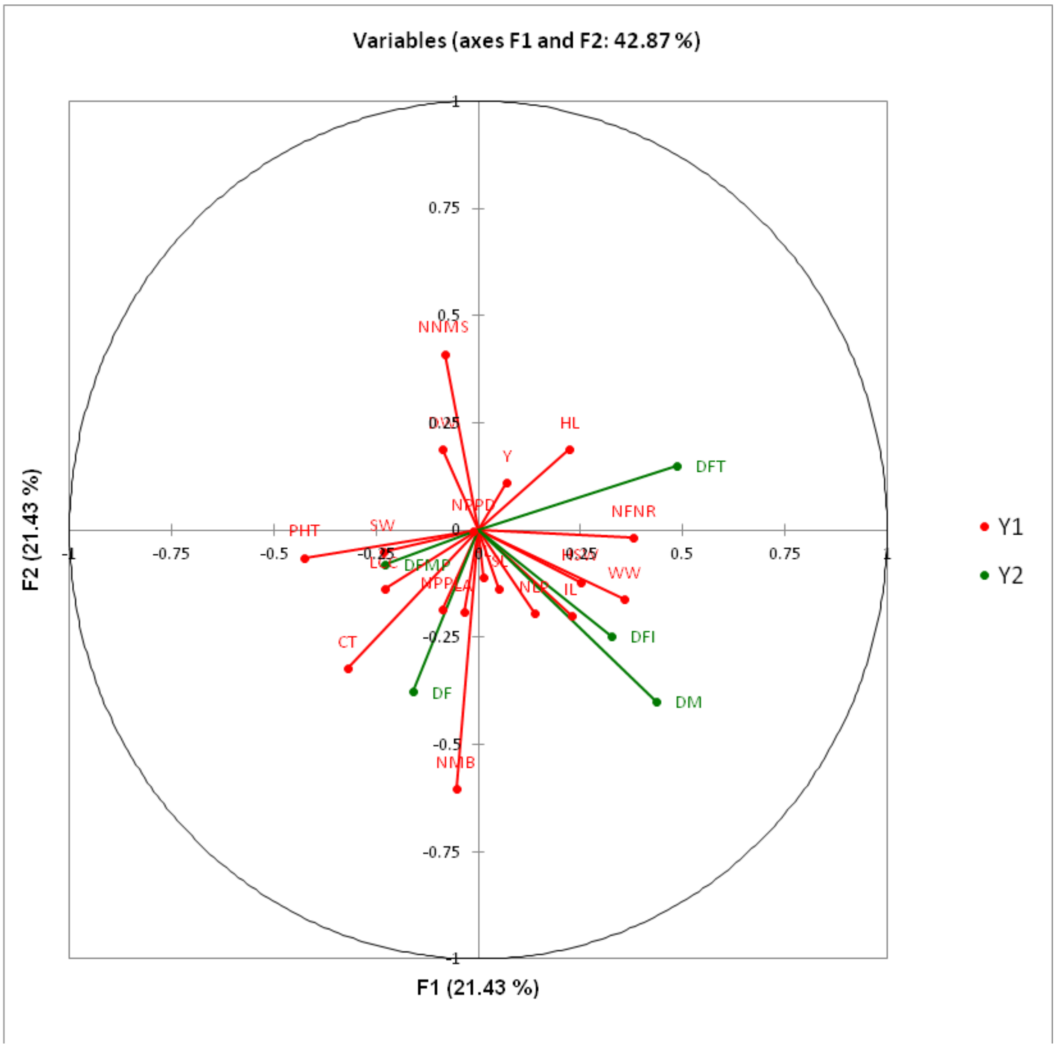
F1 و F2: به ترتیب عامل اول و دوم، CT: دمای کانوپی، LCC: میزان کلوفیل برگ، LA: سطح برگ، PHT: ارتفاع بوته، NMB: تعداد شاخه اصلی، HL: طول هیپوکوتیل، NNMS: تعداد گره در ساقه اصلی، IL: طول میانگره، NFNR: تعداد گره تثبیت نیتروژن در ریشه، WW: وزن تر بوته، DW: وزن خشک بوته، DFI: روز تا ظهور گلدهی، DF: روز تا ۵۰ درصد گلدهی، DFT: روز تا پایان گلدهی، DFMP: روز تا ظهور اولین غلاف بالغ ، DM: روز تا رسیدگی، DH: روز تا برداشت، PL: طول غلاف، NLP: تعداد دانه در غلاف، HSW: وزن۱۰۰دانه، NPPD: تعداد غلاف در خوشه، NPPL: غلاف در بوته، Y: عملکرد دانه، SL: طول دانه، SW: عرض دانه

Fig. 3. Biplot of two first component of cowpea accessions of arid and warm climate of Iran

F1 & F2: Factor 1 and Factor 2, respectively, CT: Canopy Temperature, LCC: Leaf Chlorophyll Concentration, LA: Leaf Area, PHT: Plant Height, NMB: Number of Main Branches, HL: Hypocotyl Length, NNMS: Number of Nodes on Main Stem, IL: Internode Length, NFNR: Number of Nitrogen Fixation Nodules in Root, WW: Plant Wet Weight, DW: Plant Dry Weight, DFI: Days to Flower Initiation, DF: Days to Flowering, DFT: Days to Flower Termination, DFMP: Days to First Mature Pods, DM: Days to Maturity, DH: Days to Harvest, PL: Pod Length, NLP: Number of Locules per Pod, HSW: 100-Seed Weight, NPPD: Number of Pods per Peduncle, NPPL: Number of Pods per Plant, Y: Grain Yield, SL: Seed Length, SW: Seed Width

همبستگی کانونیک

بررسی همبستگی کانونیک برای دو گروه صفات کمی تفکیک‌شده در تجزیه به عامل‌ها شامل صفات کمی مرتبط با عملکرد و اجزای آن و صفات فنولوژیکی نشان داد که سه متغیر اول کانونیک دارای همبستگی کانونیک با مقدار ۱ و متغیر چهارم و پنجم به ترتیب دارای همبستگی کانونیک ۰/۹۸ و ۰/۸۳ هستند. آزمون ویلکس لامبدا نشان داد که سه متغیر اول معنی‌دار و متغیرهای چهارم و پنجم معنی‌دار نیستند.

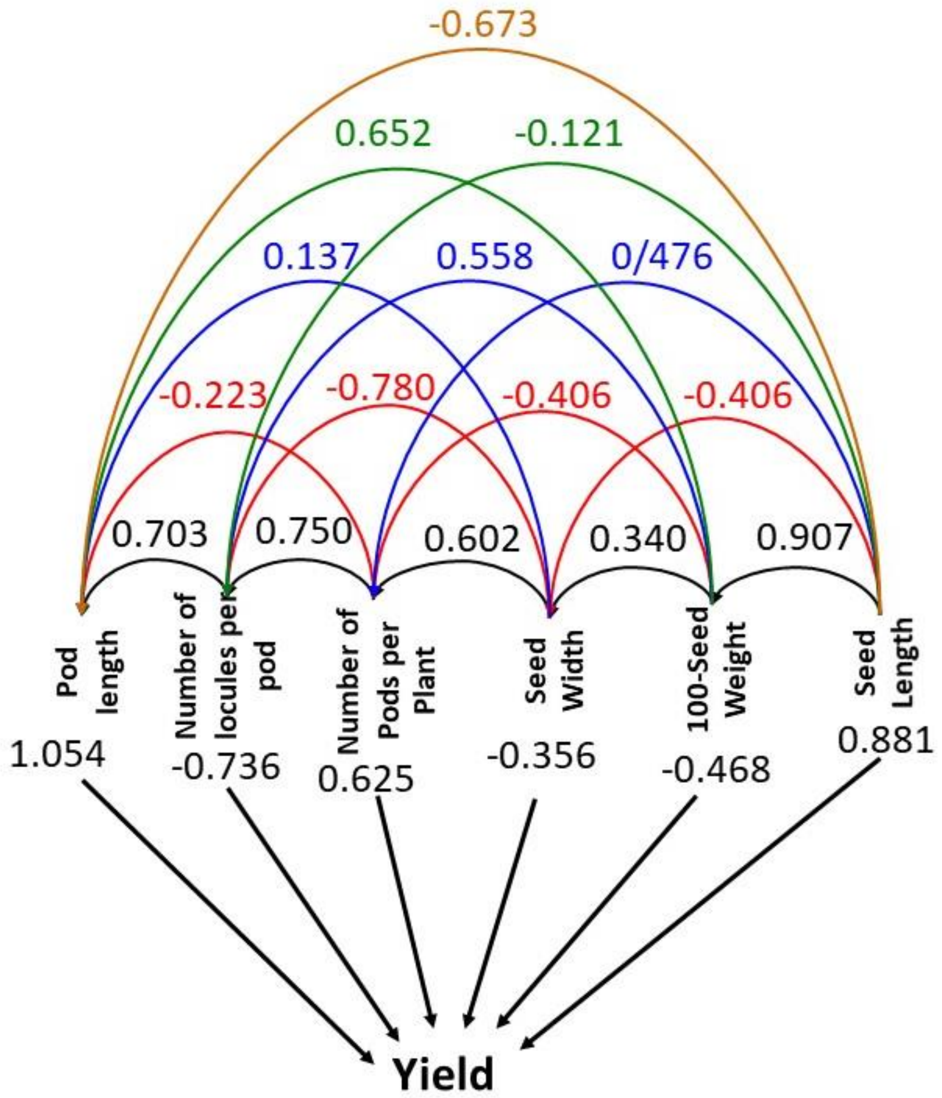


شکل ۴- نمودار همبستگی کانونیک بین صفات کمی و صفات فنولوژیکی توده‌های لوبیا چشم‌بلبلی مناطق گرم و خشک ایران

F1 و F2: به ترتیب عامل اول و دوم، CT: دمای کانوپی، LCC: میزان کلوفیل برگ، LA: سطح برگ، PHT: ارتفاع بوته، NMB: تعداد شاخه اصلی، HL: طول هیپوکوتیل، NNMS: تعداد گره در ساقه اصلی، IL: طول میانگره، NFNR: تعداد گره تثبیت نیتروژن در ریشه، WW: وزن تر بوته، DW: وزن خشک بوته، DFI: روز تا ظهور گلدهی، DF: روز تا ۵۰ درصد گلدهی، DFT: روز تا پایان گلدهی، DFMP: روز تا ظهور اولین غلاف بالغ ، DM: روز تا رسیدگی، DH: روز تا برداشت، PL: طول غلاف، NLP: تعداد دانه در غلاف، HSW: وزن۱۰۰دانه، NPPD: تعداد غلاف در خوشه، NPPL: غلاف در بوته، Y: عملکرد دانه، SL: طول دانه، SW: عرض دانه

Fig. 4. Plot of canonical correlation between quantitative and phenological traits of cowpea accessions in arid and warm climate of Iran

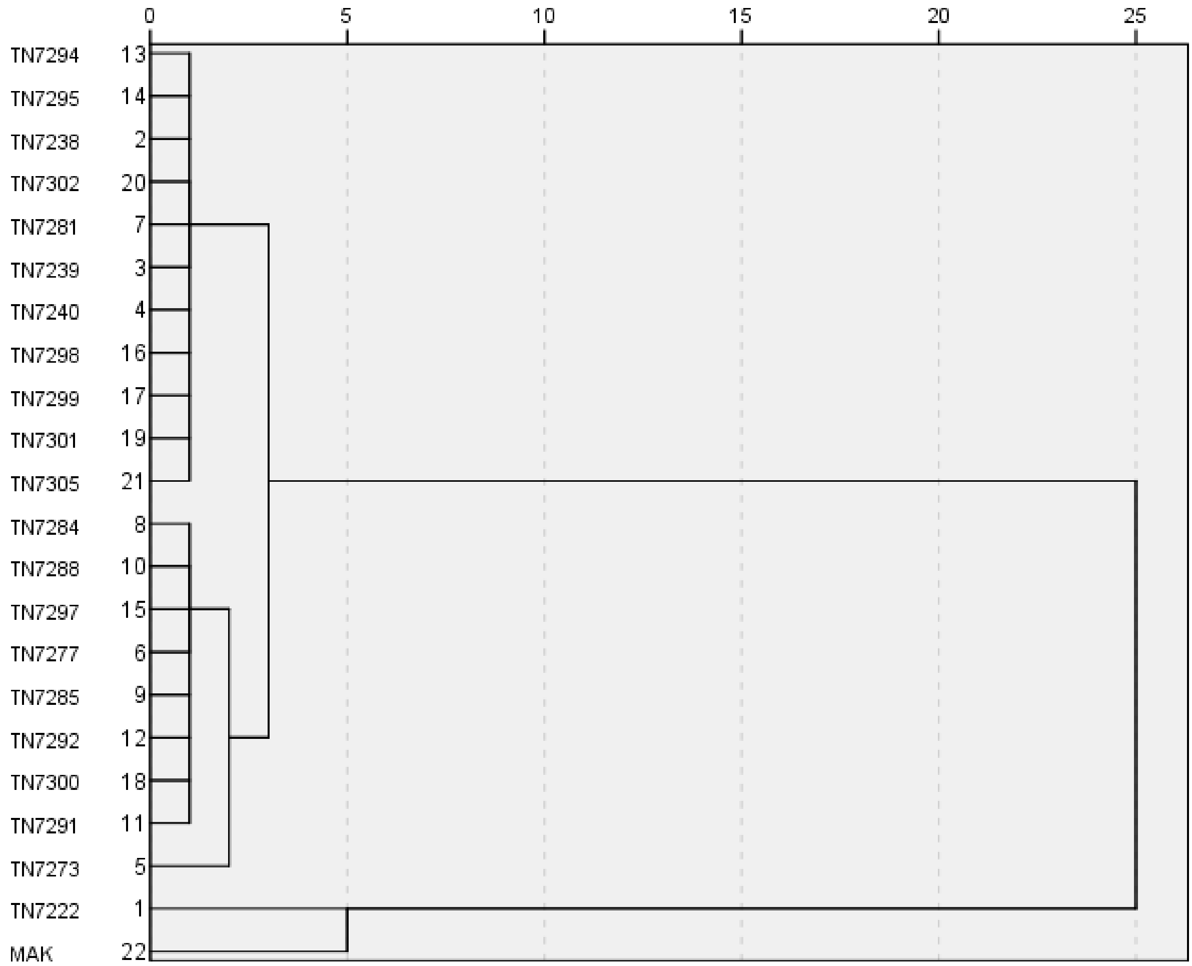
F1 & F2: Factor 1 and Factor 2, respectively, CT: Canopy Temperature, LCC: Leaf Chlorophyll Concentration, LA: Leaf Area, PHT: Plant Height, NMB: Number of Main Branches, HL: Hypocotyl Length, NNMS: Number of Nodes on Main Stem, IL: Internode Length, NFNR: Number of Nitrogen Fixation Nodules in Root, WW: Plant Wet Weight, DW: Plant Dry Weight, DFI: Days to Flower Initiation, DF: Days to Flowering, DFT: Days to Flower Termination, DFMP: Days to First Mature Pods, DM: Days to Maturity, DH: Days to Harvest, PL: Pod Length, NLP: Number of Locules per Pod, HSW: 100-Seed Weight, NPPD: Number of Pods per Peduncle, NPPL: Number of Pods per Plant, Y: Grain Yield, SL: Seed Length, SW: Seed Width



شکل ۵- تجزیه مسیر برای عملکرد و اجزای آن در توده‌های چشم‌بلبلی مناطق گرم و خشک ایران

Fig. 5. Path analysis for yield and its component for cowpea accessions of arid and warm climate of Iran

با توجه به این که این آزمون تحت تأثیر اندازه نمونه است، به‌نظر می‌رسد احتمالاً کوچک‌بودن اندازه نمونه در این مطالعه باعث این نتیجه (عدم معنی‌داری) در متغیرهای چهارم و پنجم شد. همبستگی کانونیک قوی ممکن است به علت اندازه نمونه کوچک معنی‌دار نشود، اما همبستگی بین متغیرهای کانونی اصلی با مقدار بیش از ۰/۳ قابل تفسیر است (Tabachnick *et al.*, 2007). لازم به ذکر است که در این مطالعه ضرایب کانونیک بزرگتر از یک در تفسیر روابط بین دو گروه مورد استفاده قرار گرفته است. ضرایب کانونیک استانداردشده، سهم هر متغیر را در تشکیل متغیر کانونیک مربوطه در حضور سایر متغیرها نشان می‌دهد. ضرایب کانونیک استانداردشده اولین متغیر کانونیک مربوط به صفات کمی نشان داد که ارتفاع و تعداد دانه در غلاف با اثر منفی و طول غلاف و طول بذر با اثر مثبت، سهم بیشتری در تشکیل این متغیر کانونیک دارند. مقادیر این ضرایب در اولین متغیر کانونیک مربوط به صفات فنولوژیک حاکی از تأثیر زیاد و مثبت روز تا ظهور گل در تشکیل متغیر کانونیک مربوطه است. همچنین ارتباط صفات کمی و فنولوژیکی با یکدیگر در شکل ۴ ارائه شده است. بر اساس نمودار دوبعدی همبستگی کانونیک، صفت روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی دارای همبستگی مثبت با طول میانگره، تعداد دانه در غلاف، طول دانه، وزن تر بوته، وزن۱۰۰دانه و طول غلاف است و از طرف دیگر دارای همبستگی منفی با وزن خشک، تعداد گره در ساقه اصلی و ارتفاع بوته است.



شکل ۶- تجزیه خوشه‌ای با استفاده از روش وارد بر اساس تمام صفات کمی و کیفی در توده‌های لوبیا چشم‌بلبلی مناطق گرم و خشک ایران

Fig. 6. Cluster analysis using ward method for all quantitative and qualitative traits in cowpea accessions of arid and warm climate of Iran

بنابراین همان‌طور که مشخص است، بوته‌های کوتاهتر، دیررس‌تر بوده و اجزای عملکرد از جمله وزن۱۰۰دانه و طول غلاف در آن‌ها نیز بیشتر است. بر اساس نمودار دوبعدی همبستگی کانونیک، صفت روز تا گلدهی دارای همبستگی منفی با عملکرد بود؛ بنابراین توده‌هایی که زودتر وارد گلدهی شده بودند، به دلیل داشتن فرصت بیشتر در دوره زایشی و تشکیل غلاف و دانه، عملکرد بیشتری نیز داشتند.

تجزیه مسیر

تجزیه مسیر به منظور شناسایی اثرات تأثیرگذار در افزایش عملکرد انجام شد. نتایج تجزیه مسیر (شکل ۵) نشان داد که طول غلاف یک جزء مهم در عملکرد دانه بوده و اثر مستقیم مثبت و نسبتاً بیشتری دارد. اثر غیرمستقیم این صفت از طریق تعداد دانه در غلاف و وزن۱۰۰دانه زیاد بود. در مطالعه همبستگی نیز وزن۱۰۰دانه با طول غلاف همبستگی داشت. لذا این ارتباط به صورت غیرمستقیم و از طریق طول غلاف بود. اثر مستقیم طول دانه و غلاف در بوته، صفات مهم دیگر با اثر مستقیم و زیاد بر عملکرد بودند. عرض دانه و وزن۱۰۰دانه اثر مستقیم منفی بر عملکرد داشتند. در مطالعات همبستگی نیز بین وزن۱۰۰دانه و عملکرد رابطه مثبتی مشاهده نشد. این نتایج نشان‌دهنده آن است که توده‌های با دانه‌های سنگین‌تر از پتانسیل عملکرد بالایی برای اقلیم گرم و خشک از جمله سیستان برخوردار نیستند. اما توده‌هایی از جمله لوبیا چشم بلبلی ماک (محلی زابل) و همچنین توده TN7222 (محلی سرمشک جیرفت) که دارای دانه‌های سبک‌تر و کوچکتری بودند، عملکرد بیشتری داشتند.

تجزیه خوشه‌ای

تجزیه خوشه‌ای با استفاده از روش وارد برای صفات کمی و کیفی، توده‌هایی که مرحله زایشی را طی نمودند را به دو گروه اصلی متمایز نمود. گروه اول شامل ۲۰ توده بود که از نظر عملکردی نیز دارای مقادیر کم و متوسط بودند. گروه دوم شامل دو توده TN7222 و لوبیا چشم‌بلبلی محلی زابل بود که از نظر عملکردی بیشترین مقادیر را در بین سایر توده‌ها داشتند (شکل ۶).

نتیجه‌گیری

اگرچه گزارش شده است که لوبیا چشم‌بلبلی پایه ژنتیکی محدودی دارد (Asare *et al.*, 2010)، اما بررسی ۵۱ توده با خاستگاه مناطق گرم و خشک نشان می‌دهد که تنوع ژنتیکی زیادی از لوبیا چشم‌بلبلی در ایران وجود دارد که توسط کشاورزان و با کشت متوالی آن‌ها حفاظت شده است. این تنوع احتمالاً نتیجه فرایندهای تکاملی است که با فشار انتخابی القاءشده توسط کشاورزان و با کمک طبیعت اتفاق افتاده است. در این مطالعه ۳۹ صفت کمی وکیفی بر روی ۵۱ توده مورد بررسی قرار گرفت. هدف این مطالعه شناسایی تنوع موجود در بین توده‌های لوبیا چشم‌بلبلی اقلیم گرم و خشک ایران بود که با استفاده از روش‌های آماری و تجزیه‌های چندمتغیره انجام شد. تجزیه به عامل‌ها صفات مورد بررسی توده‌های لوبیا چشم بلبلی را به دو گروه: ۱- فنولوژیکی و ۲- عملکرد و اجزای آن گروه‌بندی نمود و بر همین اساس بین این دو گروه همبستگی کانونیک انجام و ارتباط بین آن‌ها مورد بررسی و ارتباط معکوس بین آن‌ها مشخص شد. بررسی تنوع صفات مورد بررسی نشان داد که صفات فنولوژیکی دارای تنوع کم و بالعکس صفات مرتبط با اجزای عملکرد از جمله وزن۱۰۰دانه و تعداد غلاف در بوته دارای تنوع بیشتری بودند. به منظور شناسایی عوامل تأثیرگذار بر عملکرد، تجزیه مسیر انجام شد و مشخص شد که طول غلاف بیشترین تأثیر را به صورت مستقیم در افزایش عملکرد توده‌ها دارد. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای، توده‌ها به دو گروه کلی طبقه بندی شدند. گروه اول شامل توده‌های با تولید شاخ و برگ زیاد، اما بدون تشکیل غلاف و فاقد عملکرد دانه‌ای بودند که مناسب برای مصارف علوفه‌ای یا کود سبز بودند. گروه دوم شامل ۲۲ توده بودند که بر اساس تجزیه‌های انجام‌شده به دو گروه با عملکرد کم و متوسط و گروه با عملکرد زیاد طبقه‌بندی شدند. دو توده TN7222 (محلی سرمشک جیرفت) و لوبیا چشم‌بلبلی ماک (محلی زابل) بیشترین عملکرد دانه را در شرایط منطقه سیستان داشتند که نشان‌دهنده سازگاری این دو توده به شرایط گرمای بسیار زیاد تابستان و تحمل آن‌ها به شرایط تنش های محیطی در منطقه است. بنابراین استفاده از این دو توده در برنامه‌های اصلاح لوبیا چشم‌بلبلی در مناطق گرم و خشک توصیه می‌شود.

منابع

1. Addinsoft, S. 2010. XLSTAT Software, version 9.0. Addinsoft, Paris, France.
2. Ajayi, A., Adekola, M., Taiwo, B., and Azuh, V. 2014. Character expression and differences in yield potential of ten genotypes of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). International Journal of Plant Research 4(3): 63-71.
3. Ali, Z., Yao, K., Odeny, D., Kyalo, M., Skilton, R., and Eltahir, I. 2015. Assessing the genetic diversity of cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] accessions from Sudan using simple sequence repeat (SSR) markers. African Journal of Plant Science 9(7): 293-304.
4. Aremu, C., Adebayo, M., Ariyo, O., and Adewale, B. 2007. Classification of genetic diversity and choice of parents for hybridization in cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walp for humid savanna ecology. African Journal of Biotechnology 6(20): 2333-2339.
5. Aryeetey, A., and Laing, E. 1973. Inheritance of yield components and their correlation with yield in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Euphytica 22(2): 386-392.
6. Asare, A.T., Gowda, B.S., Galyuon, I.K., Aboagye, L.L., Takrama, J.F., and Timko, M.P. 2010. Assessment of the genetic diversity in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) germplasm from Ghana using simple sequence repeat markers. Plant Genetic Resources 8(2): 142-150.
7. Ba, F.S., Pasquet, R.S., and Gepts, P. 2004. Genetic diversity in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] as revealed by RAPD markers. Genetic Resources and Crop Evolution 51(5): 539-550.
8. Benesty, J., Chen, J., Huang, Y., and Cohen, I. 2009. Pearson correlation coefficient. In: Noise Reduction in Speech Processing (pp. 1-4). Springer.
9. Blashfield, R.K. 1980. The growth of cluster analysis: Tryon, Ward, and Johnson. Multivariate Behavioral Research 15(4): 439-458.

10. Bozokalfa, M.K., Kaygisiz, A.T., and Eşiyok, D. 2017. Genetic diversity of farmer-preferred cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) landraces in Turkey and evaluation of their relationships based on agromorphological traits. Genetika 49(3): 935-957.
11. Coulibaly, S., Pasquet, R., Papa, R., and Gepts, P. 2002. AFLP analysis of the phenetic organization and genetic diversity of *Vigna unguiculata* L. Walp. reveals extensive gene flow between wild and domesticated types. Theoretical and Applied Genetics 104(2-3): 358-366.
12. Egbadzor, K., Danquah, E., Ofori, K., Yeboah, M., and Offei, S. 2014. Diversity in 118 cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) accessions assessed with 16 morphological traits. International Journal of Plant Breeding and Genetics 8(1): 13-24.
13. Ehlers, J., and Hall, A. 1997. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. walp.). Field Crops Research 53(1-3): 187-204.
14. Fatokun, C.A., Tarawali, S.A., Singh, B.B., Kormawa, P.M., and Tamo, M. 2002. Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production. Proceedings of the World Cowpea Conference III held at the International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria, 48 September 2000.
15. Gepts, P. 2002. A comparison between crop domestication, classical plant breeding, and genetic engineering. Crop Science 42(6): 1780-1790.
16. Hall, A., and Patel, P. 1985. Breeding for resistance to drought and heat. Cowpea Research, Production and Utilization. Wiley, New York, 137-151.
17. Hosseinian, S., and Hoseiyni, N. 2014. Determination of drought tolerant genotypes in cowpea based on drought tolerance indices. Iranian Journal of Field Crop Science 45(1): 123-138. (In Persian with English Summary).
18. Hosseinian, S., and Hoseiyni, H.N. 2015. Evaluation of irrigation cut off effect at flowering stage on yield and yield components of cowpea genotypes. Iranian Journal of Pulses Research 6(2): 99-108. (In Persian with English Summary).
19. International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR). 1982. Descriptors for Cowpea. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at Web site https://www.bioversityinternational.org/
20. Klem, L. 1995. Path analysis. American Psychological Association.
21. Krichen, L., Audergon, J., and Trifi- Farah, N. 2012. Relative efficiency of morphological characters and molecular markers in the establishment of an apricot core collection. Hereditas 149(5): 163-172.
22. Lazaridi, E., Ntatsi, G., Savvas, D., and Bebeli, P. 2017. Diversity in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) local populations from Greece. Genetic Resources and Crop Evolution 64(7): 1529-1551.
23. Mafakheri, K., Bihamta, M., and Abbasi, A. 2015. Screening for drought stress tolerance in cowpea genotypes (*Vigna unguiculata* l.). Iranian Journal of Pulses Research 6(2): 123-138. (In Persian with English Summary).
24. Mafakheri, K., Bihamta, M.R., and Abbasi, A.R. 2017. Assessment of genetic diversity in cowpea (*Vigna unguiculata* L.) germplasm using morphological and molecular characterisation. Cogent Food and Agriculture. https://doi.org/10.1080/23311932.2017.1327092
25. Manggoel, W., Uguru, M., Ndam, O., and Dasbak, M. 2012. Genetic variability, correlation and path coefficient analysis of some yield components of ten cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] accessions. Journal of Plant Breeding and Crop Science 4(5): 80-86.
26. Martins, C.M., Lawlor, D.W., Quilambo, O.A., and Kunert, K.J. 2014. Evaluation of four Mozambican cowpea landraces for drought tolerance. South African Journal of Plant and Soil 31(2): 87-91.
27. Menssen, M., Linde, M., Omondi, E.O., Abukutsa-Onyango, M., Dinssa, F.F., and Winkelmann, T. 2017. Genetic and morphological diversity of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) entries from East Africa. Scientia Horticulturae 226: 268-276.
28. Myers, L., and Sirois, M.J. 2004. Spearman correlation coefficients, differences between. Encyclopedia of Statistical Sciences. https://doi.org/10.1002/0471667196.ess5050.pub2
29. Olukolu, B.A., Mayes, S., Stadler, F., Ng, N.Q., Fawole, I., Dominique, D., and Kole, C. 2012. Genetic diversity in Bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L. Verdc.) as revealed by phenotypic descriptors and DArT marker analysis. Genetic Resources and Crop Evolution 59(3): 347-358.
30. Omoigui, L., Ishiyaku, M., Kamara, A., Alabi, S., and Mohammed, S. 2006. Genetic variability and heritability studies of some reproductive traits in cowpea (*Vigna unguiculate* (L.) Walp.). African Journal of Biotechnology 5(13): 1191-1195.
31. Ortiz-Burgos, S. 2016. Shannon-weaver diversity index. In: Encyclopedia of Estuaries (pp. 572-573): Springer Netherlands.

32. Othman, S., Singh, B., and Mukhtar, F. 2006. Studies on the inheritance pattern of joints, pod and flower pigmentation in cowpea [*Vigna unguiculata* (L) walp.]. African Journal of Biotechnology 5(23): 2371-2376.
33. Padulosi, S., and Ng, N. 1997. Origin, taxonomy, and morphology of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Advances in Cowpea Research. Ibadan, Nigeria: IITA, p. 1-12.
34. Peksen, E., and Artik, C. 2004. Comparison of some cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) genotypes from Turkey for seed yield and yield related characters. Journal of Agronomy 3(2): 137-140.
35. Tabachnick, B.G., Fidell, L.S., and Ullman, J.B. 2007. Using Multivariate Statistics (Vol. 5), Pearson Boston, MA.
36. Tan, H., Tie, M., Luo, Q., Zhu, Y., Lai, J., and Li, H. 2012. A review of molecular makers applied in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) breeding. Journal of Life Sciences 6(11): 1190-1199.
37. Tanhuanpää, P., and Manninen, O. 2012. High SSR diversity but little differentiation between accessions of Nordic timothy (*Phleum pratense* L.). Hereditas 149(4): 114-127.
38. Thompson, B. 2005. Canonical correlation analysis. Encyclopedia of Statistics in Behavioral Science 1: 192-196.
39. Thurstone, L.L. 1931. Multiple factor analysis. Psychological Review 38(5): 406.
40. Timko, M.P., and Singh, B. 2008. Cowpea, a multifunctional legume. In: Genomics of Tropical Crop Plants (p. 227-258): Springer.
41. Verma, J. 2012. Data Analysis in Management with SPSS Software: Springer Science and Business Media.
42. Wilkes, G. 1983. Current Status of Crop Plant Germplasm: CAC Critical Review. Plant Science 127: 137-181.
43. Xiong, H., Shi, A., Mou, B., Qin, J., Motes, D., Lu, W., and Wu, D. 2016. Genetic diversity and population structure of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). PLoS One 11(8): e0160941.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 85-103 (Original Research Article)

Assessment of agro-morphological traits diversity in cowpea landraces originated from arid and warm regions of Iran

Bakhshi[1*], Behnam; Pouresmaeil[2], Masoumeh; and Keshtgar Khajedad[1], Mohammad

1. Horticulture Crops Research Department, Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zabol, Iran (b.bakhshi@areeo.ac.ir & m.kh1392@yahoo.com; respectively)
2. Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran; masoumehpouresmael@yahoo.com

Received: 11 July 2020; **Revised:** 19 September 2020
Accepted: 19 December 2020; **Available Online:** 22 December 2021

DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.87704

How to cite this article:
Bakhshi, B., Pouresmaeil, M., and Keshtgar Khajedad, M. 2021. Assessment of agro-morphological traits diversity in cowpea landraces originated from arid and warm regions of Iran. Iranian Journal of Pulses Research 12(2): 85-103.

Introduction

Cowpea (*Vigna unguiculata*) is a neglected crop with a wide diversity of its landraces in Iran, which acclimated to different climates. Cowpea is considered as one of the most tolerant food legumes under heat and drought stress. Although cowpea is distributed in a wide range of arid and warm climate of Iran, no extensive study has been done to determine the diversity of the landrace originated from these regions. Increasing yield, early maturity for grain production, long vegetative period for fodder yield, nutrient in leaf and grains, cooking quality, and germination rate are some crucial traits in cowpea breeding programs. Agro-morphological characterization of the existence germplasm would help to identification of the valuable genetic resources which could be entered into cowpea breeding programs to overcome challenges facing this crop production.

Materials and Methods

Fifty landraces of cowpea originated from the arid and warm climate of IRAN along with Sistan local cowpea landrace (Mak) were evaluated for the diversity of 39 quantitative and qualitative agro-morphological traits. IBPGR descriptor was used to the characterization of traits; including terminal leaflet shape, leaf area, plant height, number of main branches, hypocotyl length, growth habit, number of nodes on the main stem, internode length, plant vigor, number of fixation nodules in root, fresh weight, dry weight, days to flower initiation, days to flowering (50%), days to flower termination, days to first mature pods, days to maturity, days to harvest, flower color, raceme position, pod color, seed crowding, pod wall thickness, plant hairiness, attachment of testa, pod length, number of locules per pod, 100-seed weight, number of pods per peduncle, number of pods per plant, yield, seed length, seed width, pod curvature, eye pattern, testa texture, canopy temperature, leaf chlorophyll concentration, and heat stress effects %. This experiment was done at the Zahak agricultural station of Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center. The experiments were performed observationally using furrow planting. Each landrace was sown in a five-meter row. 100 and 10 cm were considered for between and within row spaces of plants, respectively. Irrigation was carried out based on the needs of the plant and considering the conventional method of cowpea irrigating in the Sistan region, almost every two weeks. Statistical methods, including correlation, factor analysis, canonical correlation, path analysis, and cluster analysis, were used to identify the diversity and relationship among traits.

Results and Discussion

* **Corresponding Author:** b.bakhshi@areeo.ac.ir

Yield components included 100-seed weight and number of pods per plant were the most diverse traits in the current study. Based on the results, studied landraces could be potentially categorized in two grain and forage types. N7222 (Sarmoshk local landrace) and Mak (Zabol local landrace) showed the highest grain yield among evaluated landraces. TN7241 (another Zabol local landrace) and TN7274 (Kahnouj local landrace) were detected as landrace with the highest potential for forage production. It was also identified that two other Kahnouj local landraces, including TN7292 and TN7291, are the earliest maturity landraces among evaluated landraces. Correlation analysis showed a significant positive relationship between yield and number of N_2 fixation nodules in the root. A significant positive correlation was also identified between pod length with a dry weight of the plant, the number of locules per pod, and 100-seed weight. Furthermore, it was revealed that yield was directly affected by pod length using path analysis. Path analysis distinct phenological traits from quantitative traits related to yield. Canonical correlation showed a negative correlation between days to flowering with grain yield, and it was shown that dwarf bushes with high yield component and 100-seed weight matured lately.

Conclusion

Notable diversity for cowpea landraces was observed in the current study. The results of this research divided the accession to two grain and forage types. It was identified that high biomass yielded plants were not comfortable for grain production while they product suitable forage production. According to the results, two landraces were the best ones in grain production that were confirmed by cluster analysis. Pod length and the number of locules per pod were detected as the main two traits related to yield. The observed diversity in yield components could be applied further in the cowpea breeding programs.

Keywords: Arid and warm climate، Cowpea، Genetic diversity، *Vigna unguiculata*